

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-32554

(43)公開日 平成8年 (1996) 2月2日

(51)Int. Cl.⁶

H 0 4 J 14/00

14/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 9/00

E

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平6-161545

(22)出願日

平成6年 (1994) 7月13日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 石田 修

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日本

電信電話株式会社内

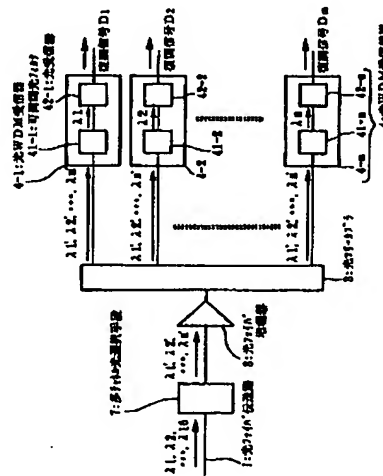
(74)代理人 弁理士 志賀 正武

(54)【発明の名称】 多チャネル光WDM受信器

(57)【要約】

【目的】 同時に選択可能なチャネル数を増大させることのできる多チャネル光WDM受信器を提供する。

【構成】 多チャネル光選択手段7が、各光信号 λ_1 , λ_2 , ..., λ_n (n は3以上の整数)を波長多重して得られる波長多重光信号から、予め設定された m (m は2以上 n 未満の整数)個の光信号を選択し、これら m 個の光信号を波長多重して得られる選択波長多重光信号を出力する。次に、光ファイバ増幅器8が、選択波長多重光信号を増幅して光ツリーカプラ3へ入力する。光ツリーカプラ3に入力された選択波長多重信号は分配され、各分配光毎に、所望のチャネルに対応した光信号が選択されて受信される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長が異なる複数の光信号を波長多重して得られる光信号を入力し、該光信号を分配して出力する光分配手段と、該光分配手段の後段に複数設けられ、それぞれ前記光分配手段から出力される分配光から所望のチャンネルに対応した光信号を選択して透過出力する光選択手段と、該各光選択手段の後段にそれぞれ設けられ、前記光選択手段から出力される光信号を光電変換して受信する光受信器とを備えた多チャンネル光WDM受信器であって、

波長が異なる n (n は3以上の整数)個の光信号を波長多重して得られる波長多重光信号から、前記複数の光選択手段により選択される光信号を含む m (m は2以上 n 未満の整数)個の光信号を選択し、該 m 個の光信号を波長多重して得られる選択波長多重光信号を出力する多チャンネル光選択手段と、

該多チャンネル光選択手段の後段に設けられ、前記選択波長多重光信号を増幅して前記光分配手段へ入力する光増幅手段とを具備することを特徴とする多チャンネル光WDM受信器。

【請求項2】 前記多チャンネル光選択手段は、前記複数の選択手段が選択する光信号を包含するよう予め固定的に設定された m 個の光信号を選択することを特徴とする請求項1に記載の多チャンネル光WDM受信器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光波長分割多重伝送方式（もしくは光周波数分割多重伝送方式）において、波長多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）された光信号から複数の光信号を選択して同時に受信する多チャンネル光WDM受信器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 波長多重（周波数多重（FDM）と同義）技術を用いた光情報分配網においては、波長の異なる光がそれぞれ異なる情報で変調され、合波された後に、光ツリーカプラ等の光分配手段により各端末ノードに等しく分配される。各端末ノードにおいては、希望の波長の光信号のみを可同調光フィルタで選択して取り出し、光受信器で電気信号に復調することにより必要な情報が得られる。すなわち、可同調光フィルタおよび光受信器により、波長多重光信号から1つの光信号を選択して受信する光WDM受信器が構成される。

【0003】 上述した光情報分配網において、各端末ノードには、波長多重光信号により搬送される複数の情報が等しく分配されている。したがって、各端末ノードにおいて、必要に応じて複数の光信号を選択して受信する多チャンネル光WDM受信器を設けることにより、複数の情報を同時に得ることも可能である。上記多チャンネル光WDM受信器は、原理的には、光ツリーカプラと複数の光WDM受信器とで構成可能である。この原理に基づき、

た従来の多チャンネル光WDM受信器の構成例を図4に示す。

【0004】 図4において、各々異なる波長の n (n は自然数、 $n \geq 3$)個の光信号 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ を波長多重してなる波長多重光信号は、光ファイバ伝送路1中を伝搬され、光ツリーカプラ3によって m (m は自然数、 $2 \leq m < n$)分配される。ここで m 分配された各光信号は、それぞれ、光WDM受信器群4を構成する m 個の光WDM受信器4-1, 4-2, \dots , 4- m へ入力される。

【0005】 各光WDM受信器4-1, 4-2, \dots , 4- m においては、光信号 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ を波長多重してなる波長多重光信号が入力されると、この波長多重信号から可同調光フィルタ41-1, 41-2, \dots , 41- m によって一つの光信号を選択し、ここで選択した光信号に光受信器42-1, 42-2, \dots , 42- m による光電変換を施して復調信号D1, D2, \dots , D m を取得する。こうして、 m チャンネルの情報を同時に得ることができ。

【0006】 すなわち、上記多チャンネル光WDM受信器は、 m チャンネル光WDM受信器となっている。そして、各光WDM受信器4-1, 4-2, \dots , 4- m で受信するチャンネルは、それぞれの可同調光フィルタ41-1, 41-2, \dots , 41- m により n チャンネルから任意に選択可能であるので、任意の組み合わせの m チャンネルを同時に受信することが可能である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、図4を用いて説明した従来の多チャンネル光WDM受信器では、同時に受信可能なチャンネル数 m が制限されるという問題点があった。以下、この問題点について具体的に説明する。図4に例示した従来の多チャンネル光WDM受信器においては、光ツリーカプラ3において分配損の発生が不可避である。例えば、光ツリーカプラ3において、2分配すれば少なくとも3 dB、4分配すれば少なくとも6 dB、すなわち、 2^k 分配すれば少なくとも $(3 \times k)$ dBの損失が生じる。

【0008】 ここで、例えば、各光WDM受信器4-1, 4-2, \dots , 4- m の受信感度を-29 dBm、波長多重する信号の数 n を16、光ファイバ伝送路1中を伝搬してきた16個の光信号の合計光パワーを-13 dBmであるものと仮定する。この場合、16個の光信号のうち、最も弱い光信号の光パワーは、最良でも-25 dBmである。このことは、16個の光信号の光パワーの全てが等しいと仮定した場合、1個の光信号の光パワーは、上記合計光パワー(-13 dBm)の $1/16$ 、すなわち、-25 dBmとなることから明かである。

【0009】 多チャンネル光WDM受信器が2チャンネルの光WDM受信器であれば、1×2のツリーカプラが用いられるため、このツリーカプラでの分配損により3 dB

減衰しても、各光WDM受信器に入射される光信号の光パワーは、1個の光信号あたり -28 dBm となる。これは、各光WDM受信器の受信感度 (-29 dBm) を上回っており、正常な受信が十分に可能である。

【0010】これに対して、例えば、8チャンネルを同時に受信しようとする（すなわち、8チャンネルの光WDM受信器である）場合、 1×8 のツリーカプラが用いられる。 1×8 のツリーカプラでは、 9 dB の分配損が生じるため、このツリーカプラを経て各光WDM受信器に入射される光信号の光パワーは、1個の光信号あたり -34 dBm 以下となり、正常に受信することができない。

【0011】このように、従来の多チャンネル光WDM受信器では、同時に選択可能なチャンネル数に制限があり、例えば、チャンネル数が増大傾向にあるケーブルテレビシステムの受信器としては、その能力は、近い将来、極めて不十分となることが予想される。本発明は、上述した事情に鑑みて為されたものであり、同時に選択可能なチャンネル数を増大させることができる多チャンネル光WDM受信器を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、波長が異なる複数の光信号を波長多重して得られる光信号を入力し、該光信号を分配して出力する光分配手段と、該光分配手段の後段に複数設けられ、それぞれ前記光分配手段から出力される分配光から所望のチャンネルに対応した光信号を選択して透過出力する光選択手段と、該各光選択手段の後段にそれぞれ設けられ、前記光選択手段から出力される光信号を光電変換して受信する光受信器とを備えた多チャンネル光WDM受信器であって、波長が異なる n (n は3以上の整数) 個の光信号を波長多重して得られる波長多重光信号から、前記複数の光選択手段により選択される光信号を含む m

(m は2以上 n 未満の整数) 個の光信号を選択し、該 m 個の光信号を波長多重して得られる選択波長多重光信号を出力する多チャンネル光選択手段と、該多チャンネル光選択手段の後段に設けられ、前記選択波長多重光信号を増幅して前記光分配手段へ入力する光増幅手段とを具備することを特徴としている。

【0013】

【作用】上記構成によれば、まず、多チャンネル光選択手段が、波長多重光信号から、複数の光選択手段により選択される光信号を含む m (m は2以上 n 未満の整数) 個の光信号を選択し、該 m 個の光信号を波長多重して得られる選択波長多重光信号を出力する。次に、光増幅手段が、前記選択波長多重光信号を増幅して光分配手段へ入力する。該光分配手段に入力された前記選択波長多重光信号は、分配され、各分配光毎に、所望のチャンネルに対応した光信号が選択されて受信される。このように、前記多チャンネル光選択手段によって真に必要な波長の光信号だけを選別し、選別した光信号だけを前記光増幅手段に

入力するため、前記光増幅手段の出力がいたずらに飽和することなく、大きな増幅利得が得られる。こうして、前記光分配手段で発生する大きな分配損が補償されるため、同時に選択可能なチャンネル数が増大する。

【0014】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の一実施例による多チャンネル光WDM受信器について説明する。図1は、本発明の一実施例による多チャンネル光WDM受信器の概略構成を示すブロック図であり、この図において、
10 7は多チャンネル光選択手段、8は光ファイバ増幅器（光増幅手段）である。これらの構成要素7、8を除く各部については、図4を用いて説明した従来の多チャンネル光WDM受信器の各部と同様であるので、同一部分に共通する符号を付し、その説明を省略する。

【0015】図1において、多チャンネル光選択手段7は、光ファイバ伝送路1中を伝搬してきた波長多重光信号（波長が異なる n 個の光信号 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ を波長多重（WDM）して得られる光信号）から、予め設定された所望の m 個の光信号 $\lambda_1', \lambda_2', \dots, \lambda_m'$ だけを選択し、選択した m 個の光信号 $\lambda_1', \lambda_2', \dots, \lambda_m'$ を波長多重された状態で出力する。

【0016】ここで、 n, m は自然数であり、 $2 \leq m < n$ という関係が成立する。また、本実施例による多チャンネル光WDM受信器は、ケーブルテレビシステム等の受信したいチャンネルが受信契約により予め設定されているシステムに用いて好適なものであり、多チャンネル光選択手段7は、例えば、各光WDM受信器4-1, 4-2, $\dots, 4-m$ を使用するユーザの受信契約内容に応じたチャンネル、すなわち、各ユーザが受信を希望するチャンネルを含む複数のチャンネルを選択する。
30

【0017】上記多チャンネル光選択手段7は、アレイ導波路回折格子型光合分波器と光スイッチとを組み合わせで構成可能であり、その詳細は、例えば、立川他、特願平5-233874号の特許願に添付した明細書および図面を参照されたい。ここでは、図2、図3を参照して、本実施例で用いられる多チャンネル光選択手段7の概略構成について説明する。

【0018】図2は、多チャンネル光選択手段7の論理的な構成を示す図であり、この図を用いて、多チャンネル光選択手段7の構成原理について説明する。この図に示す多チャンネル光選択手段7は、光ファイバ伝送路1から入力される波長多重光信号（光信号 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ を波長多重して得られる光信号）から1個あるいは複数の光信号を選択して光ファイバ伝送路2へ出力する。
40

【0019】図2において、71は入力端に光ファイバ伝送路1が接続された光分波器、72は各一端が光分波器71の n 個の出力端に接続された光ファイバ群であって、 n 本の光ファイバ72-1, 72-2, $\dots, 72-i, \dots, 72-n$ からなる。なお、「 i 」は変数であり、その値は任意の自然数である。また、73は光スイ
50

ツチ群であって、各光ファイバ72-1, 72-2, ..., 72-i, ..., 72-n上に設けられたオン/オフ型の光スイッチ73-1, 73-2, ..., 73-i, ..., 73-nからなる。さらに、74は光合波器であり、この光合波器のn個の入力端には上記光ファイバ群72の各他端、1個の出力端には光ファイバ伝送路2が接続されている。

【0020】このような構成によれば、光ファイバ伝送路1中を伝搬してきた波長多重光信号は、光分波器71によって分波され、各分波光が、光ファイバ72-1, 72-2, ..., 72-n中を別々に伝搬される。前述したように、各光ファイバ72-1, 72-2, ..., 72-nの途中には、それぞれ光スイッチ73-1, 73-2, ..., 73-nが設けられているが、ここでは、選択したい光信号（この図においては光信号 λ_i ）が伝搬している光ファイバ72-i上に設けられた光スイッチ73-iのみをオン状態としている。

【0021】このため、光信号 λ_i のみが光合波器74へ入力され、ここで合波された後に、光ファイバ伝送路2中に波長多重された状態で出力される。ただし、この図においては、選択したいチャネル数が1個であるため、光ファイバ伝送路2へ出力される光信号（以後、選択波長多重光信号と称す）は、光信号 λ_i のみからなる。このように、上述した構成原理に基づいた手段を作製することにより、多チャネル光選択手段7を実現することができるのである。

【0022】図3は、図2を用いて説明した構成原理に基づいて構成した多チャネル光選択手段7の構成図である。ただし、この図において、光ファイバ伝送路1から入力される光信号に含まれるチャネル数の上限値nは16である。図3において、21は16×16のアレイ導波路回折格子型光合分波器であり、光ファイバ群72の各一端および光ファイバ伝送路1が接続された入力導波路23と、この入力導波路23の後段に設けられたスラブ導波路24と、このスラブ導波路24の後段に設けられたアレイ導波路回折格子26と、このアレイ導波路回折格子26の後段に設けられたスラブ導波路25と、このスラブ導波路25の後段に設けられるとともに、光ファイバ群72の各他端および光ファイバ伝送路2が接続された出力導波路27とから構成されている。このような構成のアレイ導波路回折格子型光合分波器21は、図2に示す光分波器71と光合波器74との両方の役割を果たしている。

【0023】このような構成によれば、光ファイバ伝送路1中を伝搬され、入力導波路23において図中上から5番目の導波路23-5へ入力された波長多重光信号（光信号 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{16}$ を波長多重して得られる光信号）は、スラブ導波路24において回折されて、それぞれ広がり、アレイ導波路回折格子26を構成する複数の導波路中を伝搬される。

【0024】アレイ導波路回折格子6中を伝搬された各回折光は、スラブ導波路25により集光される。この際、アレイ導波路回折格子26中を伝搬する間に生じた各光信号 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{16}$ 間の位相差により、収束光の収束位置は、光信号 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{16}$ 毎に異なる位置となる。このことを利用し、適当な設計を行うことにより、例えば、光信号 λ_1 が出力導波路27の図中上から1番目の導波路27-1へ、光信号 λ_2 が同2番目の導波路27-2へ、..., 光信号 λ_{16} が同16番目の導波路27-16へ、すなわち、光信号 λ_i が出力導波路27の図中上からi番目の導波路27-iへ入射されるようアレイ導波路回折格子型光合分波器21を構成することが可能である。こうすることにより、アレイ導波路回折格子型光合分波器21は、分波器として機能するのである。

【0025】一方、出力導波路27に一端が接続された各光ファイバ72-1, 72-2, ..., 72-nには、それぞれ光スイッチ73-1, 73-2, ..., 73-nが設けられており、また、各光ファイバ72-1, 72-2, ..., 72-nの他端は、入力導波路23の各導波路23-1, 23-2, ..., 23-nにそれぞれ接続されている。

【0026】ここで、アレイ導波路回折格子型光合分波器21が入出力に対して対称に設計されているものとするれば、入力導波路23の導波路23-iに入力された光信号 λ_i は、iの値によらずに出力導波路27の導波路27-iから出力される。すなわち、上述したように設計することにより、アレイ導波路回折格子型光合分波器21は、合波器としても機能するのである。

【0027】したがって、図2を用いて説明した原理に基づき、光スイッチ群73においてm個の光スイッチをオン状態とすることにより、m個の光信号だけを光ファイバ伝送路2へ出力することができる。また、再び図1において、光ファイバ増幅器8は、上述した多チャネル光選択手段7から出力されるm個の光信号 $\lambda_1', \lambda_2', \dots, \lambda_m'$ を波長多重してなる選択波長多重光信号を一括して増幅するものである。

【0028】このような構成の多チャネル光WDM受信器の動作について、図1を参照して説明する。まず、光ファイバ伝送路1を介して波長多重光信号が入力されると、多チャネル光選択手段7は、予め設定されたm個の光信号を選択し、ここで選択されたm個の光信号 $\lambda_1', \lambda_2', \dots, \lambda_m'$ を波長多重して出力する。多チャネル光選択手段7から出力された選択波長多重光信号は、光ファイバ増幅器8に入力され、ここで、一括して増幅される。

【0029】光ファイバ増幅器8により増幅された選択波長多重光信号は、図4を用いて説明した従来の多チャネル光WDM受信器によって受信される。すなわち、光ツリーカプラ3によってm分配された後に、それぞれの

7

分配光は、光WDM受信器4-1、4-2、…、4-mへ供給される。光WDM受信器4-1において、可同調光フィルタ41-1により分配光から所望のチャネルに対応した光信号（例えば、光信号λ1）が選択され、光受信器42-1により光電変換され、復調信号D1として出力される。すなわち、光信号λ1が受信される。同様に、各光WDM受信器4-2、…、4-mにおいて、光信号λ2〜λmが受信される。

【0030】ここで、従来の多チャネル光WDM受信器において問題点となっていた光ツリーカブラ3による分配損と、本実施例による多チャネル光WDM受信器との関係について検討する。この検討において、nは16、光ファイバ伝送路1中を伝搬してきた16個の光信号の光パワーはそれぞれ-25dBm、光WDM受信器4の受信感度は-28dBmと仮定する。

【0031】このような前提において、8個の光信号を同時に受信しようとする場合、多チャネル光選択手段7が16個の光信号から、予め設定された8個の光信号を選択し、光ファイバ増幅器8が、選択された8個の光信号を一括増幅する。一般に、光ファイバ増幅器では、少なくとも合計出力が-6dBm（0.25mW）程度になるまでは、ほとんど飽和することなく線形増幅作用を得ることができる。したがって、選択する光信号が8個の場合には、1個の光信号あたり-15dBm程度（8個の光信号の合計では-6dBm）まで容易に増幅することができる。したがって、光ツリーカブラ3で8分配（分配損9dB）しても、1個の光信号あたり-24dBm程度の光パワーを確保することができる。

【0032】このため、各光WDM受信器では8個の光信号から1個の光信号を選択して正常に復調することが可能になる。すなわち、従来の多チャネル光WDM受信器では不可能であった8チャネルの同時受信をも可能としている。この検討結果からも明らかなように、本実施例による多チャネル光WDM受信器において、多チャネル光選択手段7を設けたのは、光増幅器（光ファイバ増幅器8）の飽和によってチャネル数が制限されるのを防ぐためである。

【0033】光増幅器は、入力される光信号の光パワーが十分に小なる場合には、一定利得で入力光信号を増幅して出力するが、入力光信号の光パワーが増加するにつれて利得が低下してしまう。すなわち、光増幅器の出力光パワーは飽和するのである。したがって、光増幅器の飽和出力が小さい場合には、波長多重数が増加した場合に十分な利得を得ることができない。例えば、光増幅器の飽和出力が-6dBmである場合、チャネル数nが32に増加すると、光増幅器の出力において得られる1個の光信号あたりの光パワーは、たかだか-21dBmとなってしまう。

【0034】したがって、これを光ツリーカブラ3で8分配すると、1個の光信号あたりの光パワーは-30dB

8

Bm以下となり、正常に受信することができなくなってしまうのである。本実施例では、光チャネル光選択手段7を設けて、実際に増幅する選択波長多重信号に含まれる信号数mを小さくすることにより、光増幅器（光ファイバ増幅器8）の飽和によるチャネル数nの制限を防止しているのである。

【0035】以上説明したように、本発明の一実施例によれば、同時に選択可能なチャネル数を増大させることができる。したがって、チャネル数が増大傾向にあるケーブルテレビシステム等に用いて好適である。ところで、一般に、光ファイバ増幅器の飽和出力光パワーが小さく設定されることがよくある。この主な要因としては、ノイズフィギュアを小さくするために前方励起構成にした場合などが想定される。また、飽和出力が大きい場合でも、合計出力光パワーが飽和出力に近付いてくると、雑音指数の低下などの悪影響を回避することができないため、光ファイバ増幅器をなるべく飽和し難い条件で使用することは、受信器を構成する上で重要な事項である。こうした観点から、本実施例による多チャネル光WDM受信器は、多チャネル光選択手段7を設けることによって光ファイバ増幅器8を飽和し難くしているため、システム設計が容易になるという利点もある。

【0036】なお、上述した一実施例においては、多チャネル光選択手段7を、アレイ導波路回折格子型光合成分波器21と光スイッチ群73とから構成したが、同様な機能を有する他の光学部品（例えば、音響光学フィルタ等）を用いて構成してもよい。音響光学フィルタについては、例えば、福德他、「偏波無依存型音響光学フィルタを用いた光分岐挿入回路の検討」、電子情報通信学会1993年秋季大会講演論文集B-906を参照されたい。また、多チャネル光選択手段7の出力である選択波長多重光信号を増幅する手段として光ファイバ増幅器8を用いたが、波長多重された光信号を一括して増幅できるものであれば、何等これに限定されるものではなく、例えば、半導体光増幅器等を用いてもよい。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、まず、多チャネル光選択手段が、波長多重光信号から、複数の光選択手段により選択される光信号を含むm（mは2以上n未満の整数）個の光信号を選択し、該m個の光信号を波長多重して得られる選択波長多重光信号を出力する。次に、光増幅手段が、前記選択波長多重光信号を増幅して光分配手段へ入力する。該光分配手段に入力された前記選択波長多重信号は、分配され、各分配光毎に、所望のチャネルに対応した光信号が選択されて受信される。このように、前記多チャネル光選択手段によって真に必要な波長の光信号だけを選別し、選別した光信号だけを前記光増幅手段に入力するため、前記光増幅手段の出力がいたずらに飽和することなく、大きな増幅利得を得ることができる。したがって、前記光分配手段で

9

発生する大きな分配損が補償され、同時に選択可能なチャンネル数を増大せしめることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による多チャンネル光WDM受信器の概略構成を示すブロック図である。

【図2】多チャンネル光選択手段7の構成原理を説明するための図である。

【図3】本発明の一実施例による多チャンネル光WDM受信器に用いられる多チャンネル光選択手段7の構成を示す図である。

【図4】従来の多チャンネル光WDM受信器の構成例を示すブロック図である。

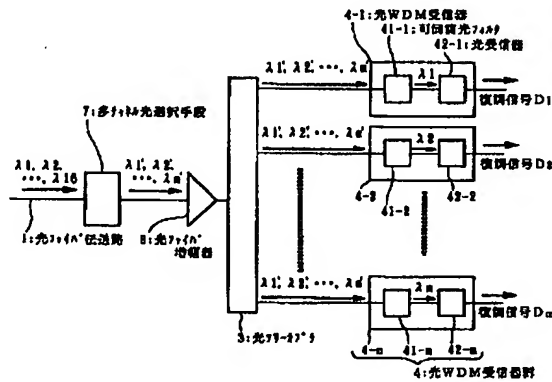
【符号の説明】

- 1, 2 光ファイバ伝送路
- 3 光ツリーカプラ (光分配手段)
- 4 光WDM受信器群

10

- 4-1, 4-2, ..., 4-m 光WDM受信器
- 7 多チャンネル光選択手段
- 8 光ファイバ増幅器 (光増幅手段)
- 21 アレイ導波路回折格子型光合波器
- 23 入力導波路
- 24, 25 スラブ導波路
- 26 アレイ導波路回折格子
- 27 出力導波路
- 41-1, 41-2, ..., 41-m 可同調光フィルタ (光選択手段)
- 42-1, 42-2, ..., 42-m 光受信器
- 71 光分波器
- 72 光ファイバ群
- 73 光スイッチ群
- 74 光合波器

【図1】



【図2】

